Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 111-123

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۲۳-۱۱۱

اثر کمپوست کود دامی ترکیب شده با زئولیت و تلقیح مایکوریزا بر رشد و عملکرد تریتیکاله (X *Tritico-secale Wittmack*)

معصومه مکوندی[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، آیدین خدایی جوقان[۳*]، علی مشتطی[٤]، محمدرضا مرادی تلاوت[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا (*Glomus interadices*) و کمپوست کود دامی ترکیب شده با زئولیت بر رشد و عملکرد تریتیکاله، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سال ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد قارچ مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و درصد اختلاط زئولیت با کمپوست کود دامی در شش سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی کود دامی) بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در شرایط تلقیح قارچ بیشترین ارتفاع بوته در سطح ۱۰ درصد زئولیت با میانگین ۱۲۴/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد، در صورتی‌که در تیمار عدم تلقیح بیشترین ارتفاع بوته در سطح ۲۰ درصد زئولیت با میانگین ۱۰۶/۶ سانتی‌متر حاصل شد. تعداد سنبله در متر مربع بر اثر کاربرد ۲۰ درصد زئولیت (۴۵۶) در حدود ۳۶ درصد بیشتر از عدم کاربرد زئولیت (۳۰۳) بود. در شرایط تلقیح مایکوریزا بیشترین عملکرد دانه (۳۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد ۱۰ درصد زئولیت و کمترین عملکرد دانه (۱۵۷۹/۶کیلوگرم در هکتار) به تیمار عدم کاربرد زئولیت تعلق گرفت، در حالی‌که در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای افزایش عملکرد دانه به زئولیت بیشتری نیاز بود و با افزایش میزان زئولیت تا ۲۰ درصد عملکرد دانه افزایش یافت. با توجه به نتایج آزمایش حاضر مصرف ۱۰ درصد زئولیت در کمپوست کود دامی به همراه تلقیح با قارچ مایکوریزا، برای افزایش عملکرد دانه تریتیکاله توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، قارچ اندوفیت، کود آلی، مواد اصلاح‌کننده کود

مقدمه

یکی از ارکان اساسی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی و دامی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش باروری خاک می‌باشد. استفاده بهینه از کودهای آلی و منابع بیولوژیک نه تنها دارای اثرات مثبت بر خصوصیات خاک است بلکه دارای جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مفید بوده و می‌تواند جایگزین خوبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (Moradi and Taleshi, 2018). کودهای دامی فعالیت‌های زیستی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشیده و ریز مغذی‌ها را تامین‌کرده و باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. با وجود اثرات مثبتی که ذکر شد، استفاده از این مواد مشکلاتی دارد، از جمله استفاده از کودهای دامی تازه به دلیل افزایش ذخیره بذری علف‌های هرز در مزرعه، افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و نهایتاً آسیب‌دیدگی ریشه گیاهان از طریق تجمع آمونیاک در محیط ریشه می‌تواند برای گیاه مشکل آفرین باشد (Cudney *et al.*, 1992) و مهم‌تر آن که فرآیند پوسیده شدن کودهای دامی و انجام روند کمپوست‌سازی حتی در بهترین شرایط باعث هدر رفتن ۴۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن آن می‌شود (Dwairi, 1998) بنابراین ارائه راهکارهایی به‌منظور حل مشکلات استفاده از کودهای دامی و به‌کارگیری این مواد ارزشمند در اراضی کشاورزی مهم است.

تحقیقات بسیاری در مورد استفاده از مواد افزودنی مختلف به کودهای دامی در طی فرآیند کمپوست‌سازی به‌منظور افزایش اثرگذاری این مواد بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است (Lefcourt and Meisinger, 2001). زئولیت‌ها به‌عنوان بهترین مکمل در اصلاح کود محسوب شده و در بهره‌برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Shiranirad *et al.*, 2011). زئولیت‌ها به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، ساختار بسیار متخلخل، جذب سطحی زیاد، میزان آبگیری بالا، جلوگیری از آبشویی عناصر، جذب انتخابی، قابلیت دسترسی و ارزش اقتصادی برای استفاده در زمینه‌های مختلف علمی از قبیل کشاورزی و دامپروری مطلوب به

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۵- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i1.81266

حساب می‌آیند (Taghdisi Heydarian *et al.*, 2018). این مواد با ساختاری بسیار متخلخل و با سطح داخلی بسیار گسترده موجب تثبیت عناصرغذایی در بین ساختار خود شده و از طریق رهاسازی تدریجی آن‌ها فراهمی دراز مدت این عناصر را برای گیاه ایجاد می‌نماید (Rehakova *et al.*, 2004) با توجه به خصوصیات منحصر به فرد زئولیت‌ها و فراوانی طبیعی آن‌ها در ایران، استخراج آسان و قیمت اقتصادی مناسب، چنان‌چه این مواد در ابتدای عمل‌آوری کمپوست، به کودهای دامی تازه اضافه شوند، علاوه بر این که شرایط تهویه‌ای را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی فراهم می‌کنند (Lefcourt and Meisinger, 2001) باعث جذب مواد مغذی کود دامی مخصوصاً نیتروژن آن می‌شود و در نتیجه از هدر روی نیتروژن موجود در کود دامی خواه به‌صورت آمونیاک و یا به‌صورت نیترات جلوگیری می‌کند. یکی از عوامل کلیدی در این زمینه مقدار کاربرد زئولیت در حین عمل‌آوری کمپوست است. در آزمایش غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini *et al.*, 2010) افزودن ۱۵ درصد زئولیت به کود دامی در زمان فرآوری کمپوست سبب افزایش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی شد.

یکی دیگر از راهکارهای مهم بهبود کارایی بوم نظام‌ها در کشاورزی پایدار به‌کارگیری جانداران سودمند خاک از طریق مصرف کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و شایسته‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگهداشتن بخش بیولوژیک خاک است (Darzi *et al.*, 2008). از انواع کودهای زیستی می‌توان به قارچ‌های مایکوریزایی اشاره کرد. همزیستی گیاه با مایکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه، جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر توسط هیف‌ها و انتقال آن به ریشه گیاه سبب بهبود وضعیت غذایی و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Abdel-Fattah *et al.*, 2014). در پژوهشی نشان داده شد که قارچ مایکوریزا موجب افزایش میزان کلروفیل برگ گندم می‌شود، به‌طوری‌که میزان کلروفیل a، b و کل در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا به‌ترتیب ۱۳/۷، ۳۳/۵ و ۱۷/۴ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح با قارچ مایکوریزا) افزایش یافت (Moucheshi *et al.*, 2012) در یک آزمون گلخانه‌ای، تاثیر ده تیمار قارچی مایکوریزا آربوسکولار بر رشد گندم رقم پیشتاز بررسی شد که طبق نتایج گزارش شده هم‌زیستی خوبی بین تمام تیمارهای قارچی با گندم وجود داشته و افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه باعث افزایش رشد گیاه و افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گردید (Rejali *et al.*, 2007).

تریتیکاله از تلاقی گندم‌های تتراپلوئید و چاودار به‌دست آمده است. این گیاه در حال حاضر در بیش از ۳۲ کشور دنیا کشت می‌شود (Flowers *et al.*, 2007). امروزه تریتیکاله به‌عنوان یک غله تجاری با پتانسیل وسیع برای مشارکت در تغذیه انسان و دام مطرح است. طبق آمار منتشر شده از سازمان خوار و بار جهانی سطح زیر کشت جهانی تریتیکاله ۴۱۶۵۷۸۳ هکتار است (FAO, 2017). عملکرد ماده خشک و دانه بیشتر تریتیکاله در مقایسه با گندم آن را به‌عنوان منبع تغذیه خوبی برای دام مطرح کرده است (Qudsi, 2009). این گیاه قابلیت رشد و تولید در خاک‌های فقیر و کم‌استعداد که برای تولید گندم مناسب نیستند را دارد (Irannejad and Shahbazian, 2005). با توجه به اهمیت تولید این گیاه زراعی از یک سو و توجه به پایداری و سلامت بوم‌نظام‌های زراعی از سوی دیگر، هدف از انجام این پژوهش دستیابی به حداکثر عملکرد تریتیکاله با افزایش کارایی کمپوست کودهای دامی و کاربرد هم‌زمان این کود در شرایط تلقیح با مایکوریزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع حدود ۳۴ متر از سطح دریا اجرا شد. در سال آزمایش میزان بارندگی ۱۰۱/۴ میلی متر بود. بارندگی سالیانه منطقه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳/۵، متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت به‌ترتیب ۳۳ و ۱۴/۶ درجه سلسیوس و بر اساس روش طبقه‌بندی دومارتن، اقلیم خشک محسوب می‌شود.

عوامل آزمایش شامل کاربرد مایکوریزا در دو سطح (بدون تلقیح با مایکوریزا و تلقیح با مایکوریزا) و اختلاط زئولیت و کود دامی در شش سطح (صفر، ۵، ۱۰ ، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی کود دامی زئولیت) بود. به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، قبل از کاشت و شروع آزمایش از سه قسمت از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری به عمل آمد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند و در نهایت یک نمونه مرکب تهیه شد. سپس نمونه مرکب در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

برای تهیه کمپوست‌های مناسب برای اجرای آزمایش، ابتدا کود گاوی تازه (کودی که از جمع‌آوری آن در دامداری بیش از ۲۰ روز نگذشته‌بود) از ایستگاه دامپروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به مزرعه منتقل شدکه ویژگی‌های آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود، سپس شش ردیف هم وزن به طول پنج متر، عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر از کود دامی توزین شد که در یکی از ردیف‌ها هیچ‌گونه ماده اضافی مصرف نشد ولی در ردیف‌های دیگر به‌ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزن کود دامی، زئولیت طبیعی به‌صورت لایه لایه مخلوط گردید و برای جلوگیری از تابش

مستقیم نور خورشید بر ردیف‌های کود دامی، سطح ردیف‌ها به‌وسیله کاه و کلش به‌طور کامل پوشانده شد. زئولیت مورد نیاز از شرکت افرند توسکا و از معادن سمنان تهیه گردید (زئولیت از نوع کشاویت به‌صورت کریستاله با رنگ سفید، دانه‌بندی پودری و درصد خلوص ۹۰ درصد) که درصد ترکیبات آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical and chemical properties of the experimental field soil at the depth of 0 -30 cm

بافت خاک Soil texture	پتاسیم Potassium (mg . kg^{-1})	فسفر Phosphorus (mg . kg^{-1})	نیتروژن Nitrogen (%)	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	کربن آلی OC (%)
Silty clay	135	9.2	0.05	7.5	2.7	0.5

جدول ۲- درصد ترکیبات شیمیایی زئولیت مورد استفاده

Table 2- Chemical composition of the used zeolite (%)

SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	P_2O_5
0.65	12.0	3.0	1.1	0.1	2.2	1.6	0.05	0.04	0.01

C.E.C= 200 meq/100g

جدول ۳- ویژگی‌های کود دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Chemical properties of animal manure used in experiment

فسفر کل Total P (%)	پتاسیم کل Total K (%)	روی mg.kg^{-1}	آهن mg.kg^{-1}	منگنز mg.kg^{-1}	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH	کربن آلی OC (%)	نسبت کربن نیتروژن C/N	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)
0.66	2.55	409.4	8435	267.6	20.2	8	41.58	30.8	1.35

تبدیل کود دامی تازه به کمپوست‌های قابل استفاده ۸۵ روز به طول انجامید. در این مدت تأمین رطوبت مورد نیاز (۶۰ درصد) و شرایط هوازی، برای فعالیت ریز موجودات در ردیف‌های کود دامی تأمین شد. در شش نوبت دمای توده کود در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری به‌وسیلهٔ دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد تا از رسیدن دمای ردیف‌های کودی به مقدار مناسب (۶۰ درجه) برای از بین رفتن بذر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها اطمینان حاصل شود (Salami *et al.*, 2008). نیاز نیتروژنی گیاه با توجه به عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)، درصد کربن آلی خاک، اقلیم منطقه و بر اساس دستورالعمل توصیه کودی سازمان جهاد کشاورزی منطقه ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. بدین منظور مقدار نیتروژن کمپوست اندازه‌گیری و با احتساب این‌که به‌ترتیب ۳۰ و ۴۰ درصد از نیتروژن آن در سال اول و دوم قابل دسترس است (Eghball *et al.*, 2001)، در تمام سطوح تیماری، میزان کمپوست زئولیتی معادل ۴۰ تن در هکتار در قبل از کاشت توسط کولتیواتور به خاک هر کرت اضافه شد. مایه تلقیح قارچ مایکوریزا گونه *Glomus interadices* از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه شد که دارای ۳۰۰ اسپور در هر گرم مایه تلقیح بود. قبل از کشت مایـه تلقیح قـارچ با بذور به‌طور کامل مخلـوط گردید، به‌گونـه‌ای کـه تمامـی بذرها بـا یک لایـه یکنواخت از مایـه تلقیـح پوشـانده شـدند. در نهایـت پس از خشـک شـدن رطوبت سـطحی بذرهـای تلقیح شـده نسـبت به کاشـت آن‌هـا در تاریخ ششم آذر اقـدام شد. بذر کشت شده در این آزمایش رقم سناباد (بهاره، متوسط رس، مقاوم به خوابیدگی میانگین وزن هزار دانه ۴۵-۴۷ گرم) تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بود.

پس از رسیدن رطوبت خاک مزرعه به حالت گاورو، عملیات خاک‌ورزی شامل شخم و دو دیسک عمود بر هم جهت تسطیح و خرد کردن کلوخه‌ها انجام شد. پس از این مرحله بر اساس نقشه آزمایش، محل قرار گرفتن بلوک‌ها و نهرهای آبیاری روی زمین مشخص شد. سپس کرت‌های مورد نظر توسط کارگر و به‌صورت دستی احداث شد و نهرها با استفاده از نهرکن ایجاد گردید. ابعاد هر کرت دو متر در دو متر، فاصله بین هر کرت نیم متر و فاصله هر بلوک دو متر در نظر گرفته شد. بذر مورد نیاز جهت تراکم مطلوب (۴۰۰ بذر در متر مربع) با توجه به درصد جوانه‌زنی بذور برای هر خط کاشت محاسبه شد. جهت کشت بذور ابتدا خطوط کشت را ایجاد کرده و بذرها به‌صورت دستی کشت شدند و سپس آبیاری صورت گرفت. علف‌های هرز فواصل بین کرت‌ها و داخل جوی‌ها در طول فصل رشد به‌صورت دستی کنترل شد. آبیاری به‌صورت غرقابی، با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی انجام شد. در طی فصل رشد برای حصول اطمینان از برقراری هم‌زیستی، با استفاده از روش فیلیپس و هیمن (Philips and Hayman, 1970) رنگ‌آمیزی ریشه صورت گرفت و سپس قطعاتی از ریشه‌هـای رنـگ‌آمیـزی شده روی

لام قرار داده شده و از نظر وجود اندام‌های قارچی توسط میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند.

برداشت در تاریخ ۱۱ اردیبهشت ماه انجام شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه از یک متر مربع اندازه‌گیری به‌عمل آمد و برای صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول سنبله و طول پدانکل از ۱۰ ساقه استفاده شد. اجزای عملکرد از طریق شمارش تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای محاسبه وزن هزار دانه پس از جدا کردن دانه‌ها از سنبله، دو نمونه۵۰۰ بذری توسط دستگاه بذر شمار شمارش و وزن هزار دانه محاسبه شد. وزن خشک ساقه و برگ و کل گیاه پس از برداشت در یک متر مربع اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. برای تعیین عملکرد ماده خشک، با در نظر گرفتن اثر حاشیه از مساحت یک متر مربع از هر کرت برداشت و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و وزن‌گیری شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس در آون خشک گردید. سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شده و با استفاده از تناسب، وزن خشک کل به‌دست آمد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده‌شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام‌شده و شکل‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Excel رسم‌شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر اختلاط زئولیت با کود دامی بر طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال خطای یک درصد و بر طول سنبله و محتوای پروتئین دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بود. اثر قارچ بر کلیه صفات غیر از عملکرد دانه معنی‌دار بود که این معنی‌داری برای صفات طول سنبله و محتوای پروتئین دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد و مابقی صفات در سطح احتمال خطای یک درصد بود. برهم‌کنش عوامل آزمایشی بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال خطای یک درصد و بر ارتفاع بوته و طول پدانکل در سطح احتمال خطای پنج درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴).

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته یکی از اجزای مهم ریخت‌شناسی گیاه است که به‌عنوان یک شاخص با اهمیت برای تعیین میزان دسترسی به منابع محیطی رشد گیاه عمل می‌نماید. همان‌طور که در شکل ۱–الف مشاهده می‌شود با تلقیح قارچ ارتفاع گیاه در میزان کم‌تری از زئولیت به بیشترین اندازه خود رسید، به‌طوری‌که در زمان تلقیح بالاترین ارتفاع در سطح ۱۰ درصد زئولیت با میانگین ۱۲۴/۳ سانتی‌متر به‌دست آمده و پس از آن با کاهش مواجه شد. در شرایط عدم تلقیح بیشترین ارتفاع بوته در سطح ۲۰ درصد زئولیت با میانگین ۱۰۶/۶ سانتی‌متر حاصل شد، در تیمار عدم تلقیح برای به‌دست آوردن بالاترین ارتفاع مقدار بیشتری زئولیت لازم بود. این نتایج حاکی از آن است که در تیمار تلقیح قارچ با میزان کم‌تری از زئولیت می‌توان به بیشترین ارتفاع بوته رسید. به‌کارگیری زئولیت موجب افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران شده که محققان این افزایش را ناشی از افزایش فراهمی عناصر غذایی و آب به‌ویژه یون آمونیوم و متعادل نگه داشتن pH محیط توسط زئولیت دانسته‌اند، که متعاقب آن این عوامل در جهت بهبود میزان فتوسنتز در رشد عمل نموده و موجب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (He *et al.*, 2002). در پژوهشی محققین نشان‌دادند که کاربرد کود زئولیت ارتفاع ذرت را تا ۴/۶ درصد افزایش داد (Mohammadi *et al.*, 2013). در آزمایشی دیگر پژوهشگران با بررسی اثرات کاربرد زئولیت بر عملکرد کلزا تحت شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی گزارش کردند که مصرف زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا شد، به عقیده این محققین به نظر می‌رسد که زئولیت از طریق بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک سبب دسترسی بهتر و آسان‌تر گیاه به آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته گیاه می‌شود (Zahadi *et al.*, 2009). بالاتر بودن ارتفاع بوته در تیمارهای تلقیح با مایکوریزا حاکی از فراهم شدن آب و عناصر غذایی بیش‌تر در ناحیه ریزوسفر ریشه و انتقال بهتر آن‌ها به گیاه است. یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2009) تولید هورمون‌های مختلف از قبیل اکسین و جیبرلین در حضور کودهای بیولوژیک را بر افزایش ارتفاع ساقه گیاه ذرت موثر دانستند.

طول سنبله

طول سنبله از اجزای مهم دخیل در عملکرد است به‌طوری‌که سنبله‌های بلندتر تعداد سنبلچه‌های بیشتر و در نتیجه تعداد دانه بیشتری دارند. بیشترین طول سنبله (۹/۴ سانتی‌متر) در سطح ۱۰ درصد اختلاط زئولیت به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با ۱۵ و ۲۰ درصد زئولیت نداشت و کمترین طول سنبله (۸/۵ سانتی‌متر) در شاهد و ۲۵ درصد زئولیت به‌دست آمد (جدول ۵). پلات و همکاران (Polat *et al.*, 2004) با مطالعه کاربرد زئولیت طبیعی در کشاورزی بیان‌کردند که این ماده از طریق جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی باعث افزایش کارایی کودها شده و در نهایت موجب بهبود رشد گیاه می‌شود. کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش طول سنبله (۹/۳ سانتی‌متر) نسبت به عدم کاربرد آن (۸/۵ سانتی‌متر) شد (جدول ۵). اثر مثبت کاربرد قارچ مایکوریزا را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها در اثر تولید

هورمون‌های گیاهی نسبت داد. قورچیانی و همکاران (Ghorchiani *et al.*, 2011) در پژوهش خود بیش‌ترین طول سنبله را از تیمار مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم کود فسفره همراه با تلقیح با قارچ مایکوریزا گزارش کردند که حاکی از تاثیر مثبت مایکوریزا بر طول سنبله است.

طول پدانکل

پدانکل یا بالاترین میانگره ساقه به‌عنوان یکی از اندام‌های تامین‌کننده کربن دانه در گیاه تریتیکاله محسوب شده و در بسیاری از تحقیقات ارتباط این اندام با عملکرد و اجزای عملکرد ارزیابی شده است (Ehdaie and Waines, 1996). تجمع مقدار قابل‌توجهی از کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه در پدانکل و انتقال مجدد آن‌ها به دانه‌های در حال پر شدن یکی از دلایل اهمیت این اندام در تعیین عملکرد دانه بیان شده است (Ahmadi *et al.*, 2008). در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا بیشترین طول پدانکل (۳۶/۲ سانتی‌متر) از اختلاط ۱۰ درصد زئولیت به‌دست آمد و پس از آن با کاهش مواجه شد و در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا با افزایش میزان زئولیت تا سطح ۱۵ درصد طول پدانکل افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۱-ب). زئولیت از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت رطوبت و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (Polat, 2004). با افزایش میزان رطوبت قابل دسترس گیاه، معمولاً رشد رویشی گیاه افزایش یافته و با افزایش رشد رویشی، مقدار تولید مواد فتوسنتزی گیاه، تقسیم سلولی و رشد طولی سلول‌های ساقه و میانگره نیز افزایش خواهد یافت و در نتیجه طول پدانکل افزایش می‌یابد.

تعداد سنبله در متر مربع

تعداد سنبله در متر مربع از اجزای اصلی برآورد عملکرد دانه در واحد سطح است. داشتن تعداد بیشتری از سنبله بارور در متر مربع می‌تواند در نیل به عملکرد دانه مطلوب، مهم باشد. تعداد سنبله در متر مربع در اثر کاربرد ۲۰ درصد زئولیت (۴۵۶/۰) در حدود ۳۶ درصد بیشتر از عدم کاربرد زئولیت (۳۰۳/۰) بود هرچند با سطوح ۱۵ و ۲۵ درصد زئولیت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). زئولیت قادر است مواد غذایی محلول را به‌طور آرام و پیوسته آزاد نموده و با کمترین هدر رفت در دسترس گیاه قرار بدهد. افزودن زئولیت به کود دامی تازه به شکل موثری قابلیت نگهداری نیتروژن و حفظ تعادل نیتروژن به فسفر را افزایش می‌دهد (Lefcourt and Meisinger, 2001). همچنین کاربرد زئولیت در خاک باعث بالا رفتن ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در خاک می‌شود که این عمل باعث تسهیل جذب مواد غذایی توسط گیاه و در نتیجه بالا رفتن عملکرد گیاه و افزایش راندمان کاربرد کود می‌شود (Allen *et al.*, 1995). به نظر می‌رسد که افزایش جذب نیتروژن در حضور کود دامی و زئولیت، باعث افزایش تولید اسیمیلات توسط گیاه شده که علاوه بر تحریک تولید پنجه‌های بارور بیشتر، مانع از سقط گلچه‌ها می‌گردد.

در پژوهشی بیشترین تعداد سنبله در متر مربع در بین سطوح تیمارهای مواد جاذب رطوبت مربوط به تیمار (۴ تن زئولیت+ ۲ تن بنتونیت+ ۱۵ تن کود دامی در هکتار) و کمترین تعداد آن در تیمار مصرف (۲ تن بنتونیت+ ۱۵ تن کود دامی در هکتار) بود (Farmahini, 2011).

همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که در شراط عدم تلقیح مایکوریزا تعداد سنبله بیشتری (۴۴۶/۸) نسبت به تلقیح مایکوریزا (۳۶۵/۵) به‌دست آمد (جدول ۵). این طور به نظر می‌رسد که تلقیح قارچ مایکوریزا بیشتر از این‌که باعث افزایش تعداد سنبله در متر مربع شود، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک را افزایش داده (شکل ۱-ج و د، جدول ۵) و از این طریق باعث افزایش عملکرد گردیده است.

تعداد دانه در سنبله

در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا با افزایش زئولیت تا سطح ۱۰ درصد تعداد دانه در سنبله افزایش یافت اما پس از آن با کاهش مواجه شد. در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به شاهد بود و با افزایش میزان زئولیت تا سطح ۱۵ درصد تعداد دانه در سنبله افزایش و پس از آن کاهش یافت هرچند که اختلاف این سطح با سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار نبود (نمودار ۱- ج). این نتایج حاکی از آن است که در صورت عدم تلقیح قارچ مقادیر بیشتری از زئولیت لازم است تا به تعداد بالا دانه در سنبله دست یافت در زمان تلقیح با کمترین میزان زئولیت می‌توان به بیشترین تعداد دانه در سنبله دسترسی پیدا کرد. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم تلقیح، کمبود نیتروژن در طول فصل رشد از علل اصلی کاهش تعداد دانه در سنبله تیمار شاهد باشد.

در پژوهشی مصرف زئولیت سبب افزایش ۱۰ درصدی تعداد دانه کلزا شد (Safaie *et al.*,2007) در آزمایشی مشخص شد که کاربرد زئولیت می‌تواند تعداد بذر در طبق گلرنگ را نسبت به شرایط شاهد ۲۵ درصد افزایش دهد (Sibi *et al.*, 2011). تعداد دانه در سنبله در سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد اختلاط زئولیت در شرایط تلقیح بیشتر از حالت تلقیح قارچ بود. (شکل۱-ج)

مایکوریزا از طریق نفوذ در حفرات بسیار ریز خاک که برای ریشه‌های مویین قابل دسترس نیست و نیز افزایش سطح جذب مواد غذایی، باعث افزایش توان ریشه‌ای گیاه جهت بهره‌برداری از حجم بیشتری از خاک شده و میزان جذب عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف به‌خصوص فسفر را بهبود می‌بخشد و از این طریق بر وضعیت رشدی گیاه اثرات مثبتی بر جا می‌گذارد (Ghazi *et al.*, 2007). با توجه به این‌که عنصر فسفر در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز انتقال انرژی حاصل از فتوسنتز نقش مهمی دارد لذا افزایش تعداد دانه در اثر کاربرد مایکوریزا را می‌توان به افزایش فراهمی فسفر نسبت داد (Peradi *et al.*, 2003).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله تحت تاثیر قارچ مایکوریزا و اختلاط زئولیت با کود دامی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of triticale influenced by mycorrhiza fungi and zeolite amended manure

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته Plant Height	طول سنبله Spike Length	طول پدانکل Peduncle length	تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per square meter	تعداد دانه در سنبله Grain number in spike	وزن هزار دانه 1000-Grain Weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Protein content of seed
بلوک Block	3	13.38ns	1.25*	0.62ns	4840.00ns	7.47ns	41.71ns	119202.85ns	3061325.3ns	24.11ns	0.20 ns
قارچ Fungi	1	436.21**	8.97**	8.45ns	97921.33**	346.15**	15.42ns	161147.36ns	14646665.0**	103.23*	66.24**
زئولیت Zeolit	5	154.57*	5.84*	35.97**	26181.33**	42.46*	161.90**	3483450.45**	27557690.0**	110.92**	6.67*
قارچ*زئولیت Fungi*Zeolit	5	158.29*	4.16ns	20.85*	2510.13ns	130.55**	167.95**	937481.82**	344782.6ns	107.51**	1.62 ns
خطا Error	33	49.82	17.98	224.17	2318.54	20.87	35.13	123735.74	1869499.6	18.22	1.65
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.4	8.2	8.2	12.0	14.0	18.4	15.4	16.5	15.4	14.0

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه و ازجمله صفات کمی است که به‌طور گسترده‌ای تحت تاثیر شرایط محیطی است. به‌طوری‌که حصول نسبت قابل‌قبولی از ظرفیت ژنتیکی این صفت، مستلزم وجود شرایط محیطی مناسب در طول دوره رشد و به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه است (Mohammadi *et al.*, 2011). در شرایط کاربرد مایکوریزا بیشترین وزن هزار دانه (۴۱/۹ گرم) مربوط به تیمار ۱۰ درصد زئولیت بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۵ درصد زئولیت نداشت و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف اختلاط زئولیت مشاهده نشد هرچند که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار ۲۰ درصد زئولیت بود (شکل ۱– د).

در رابطه با معنی‌دار شدن اثر متقابل قارچ مایکوریزا و زئولیت می‌توان این گونه تفسیر کرد که با اثرات تشدیدکننده‌ای که بین کمپوست زئولیتی و مایکوریزا در اثر کاربرد تلفیقی آن‌ها ایجاد شده است، این کودها توانسته‌اند با ایجاد یک محیط کشت مناسب و فراهمی عناصر غذایی سبب بهبود فتوسنتز و انتقال و ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و در نهایت وزن هزار دانه را افزایش دهند. همچنین نیتروژن و دیگر عناصر غذایی از کودهای آلی تلفیقی به آهستگی آزاد شده و در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و در نتیجه هدر روی کمتر بوده و تا انتهای فصل رشد عناصر غذایی مورد نیاز گیاه تامین می‌شود. به نظر می‌رسد استفاده از زئولیت با توجه به قابلیت تبادل کاتیونی بالای آن سبب شده است مواد غذایی بیشتری در طول دوره رشد گیاه فراهم آید و متعاقباً باعث افزایش وزن هزار دانه در این تیمار شود. شیرانی راد و همکاران (Shirani rad *et al.*, 2011) بیان نمودند کاربرد زئولیت در خاک اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد داشت و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن، وزن هزار دانه را ۲۳ درصد افزایش داد.

عملکرد بیولوژیک

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاربرد ۱۰ درصد زئولیت با میزان ۱۱۱۰۷/۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک حاصل شد و عدم کارربرد زئولیت زئولیت کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۶۳۱۲/۳ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲۰ و ۲۵ درصد زئولیت نداشت (جدول ۵).

با مصرف زئولیت، به دلیل خاصیت ویژه این مواد در نگهداری طولانی مدت رطوبت در محیط توسعه ریشه، امکان رشد رویشی بیشتر و توسعه سطح برگ‌ها برای گیاه فراهم می‌شود. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد هر اندازه سطح برگ گیاه بیشتر باشد به همان اندازه نیز گیاه قادر به استفاده بهتر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیشتری پیدا می‌کند (Sharma, 2002). درنتیجه می‌توان انتظار داشت که مصرف زئولیت در کود دامی با تامین آب و مواد مغذی مورد نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد نهایی گیاه شود. افزایش عملکرد گیاهان مانند گندم، جو، سیب‌زمینی و غیره در اثر کاربرد زئولیت‌ها گزارش شده است (Rehakova *et al.*, 2004).

تلقیح با قارچ مایکوریزا تاثیر بیشتری (۸۸۳۸/۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم تلقیح (۷۷۳۳/۲ کیلوگرم در هکتار) داشت. نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ مایکوریزا باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده به‌طوری‌که بین گیاهان تلقیح شده با قارچ و گیاهان تلقیح نشده از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت که با نتایج Beltrano and Ronco (2008) همخوانی دارد.

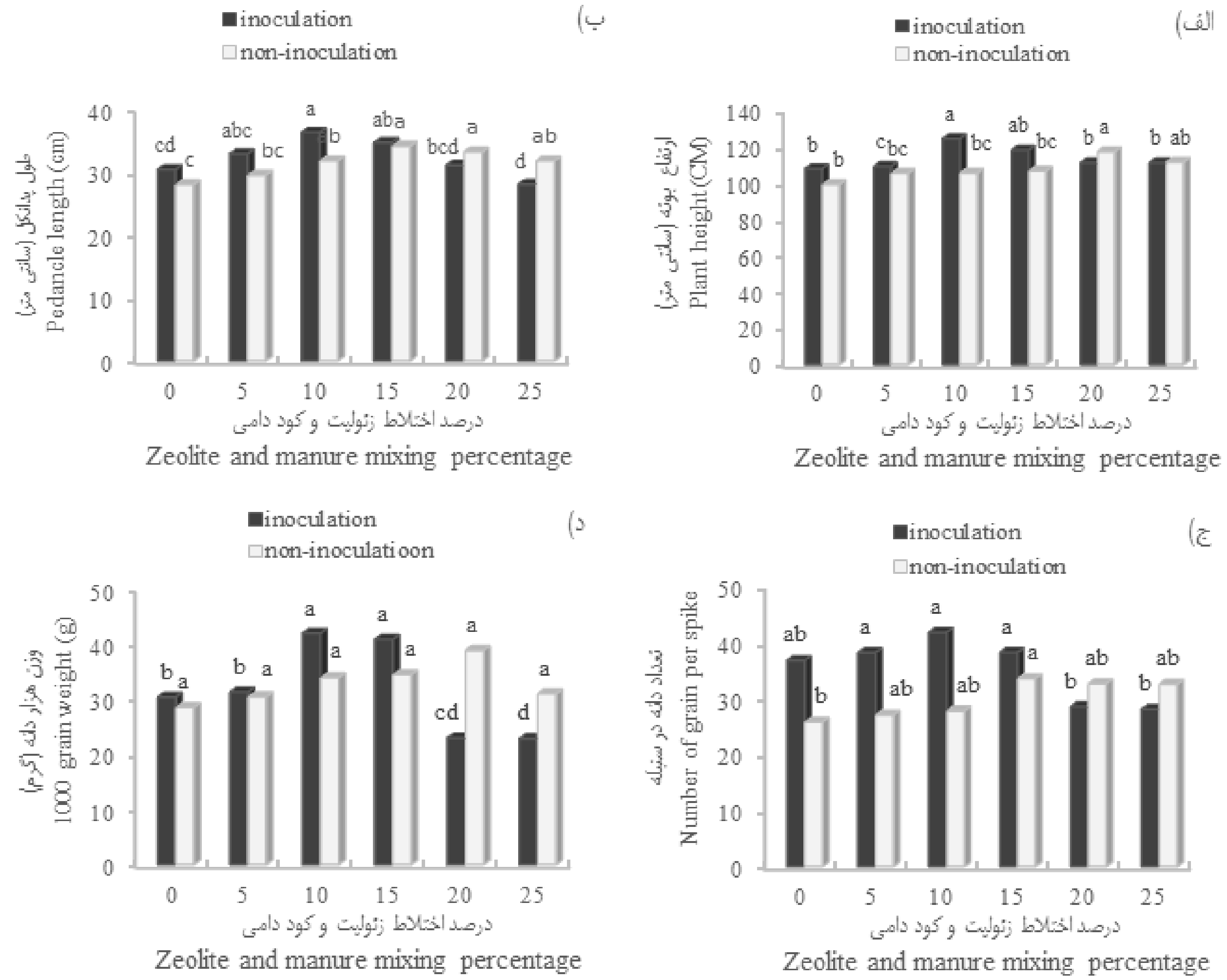
افزایش معنی‌دار مقدار ماده خشک گیاه در حضور قارچ مایکوریزا می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر و یا بهبود جذب آب (Bheemareddy and Lakshman, 2011) در گیاهان مایکوریزایی باشد. بات و همکاران (Bath *et al.*,2005) اظهار داشتند که تلقیح ریشه ماش با مایکوریزا، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک این گیاه شد.

عملکرد دانه

در شرایط تلقیح مایکوریزا بیشترین عملکرد دانه (۳۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کاربرد ۱۰ درصد زئولیت و کمترین عملکرد دانه (۱۵۷۹/۶کیلوگرم در هکتار) به عدم کاربرد زئولیت تعلق گرفت. هرچند اختلاف بین عدم کاربرد زئولیت و سطوح ۲۰ و ۲۵ درصد زئولیت معنی‌دار نبود. دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه در سطوح بعد از ۱۰ درصد را می‌توان به کاهش مقدار کود دامی در کمپوست در این سطوح نسبت داد. در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای افزایش عملکرد دانه به زئولیت بیشتری نیاز بود و با افزایش میزان زئولیت تا ۲۰ درصد عملکرد دانه افزایش یافت (شکل ۲–الف).

تغییر در فراهمی نیتروژن عملکرد گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس در طول فصل رشد، بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی موثر بوده و بنابراین بر عملکرد تاثیر مستقیم دارد (Vakilian and Massah, 2017). به نظر می‌رسد که دلیل اصلی بیشتر بودن عملکرد دانه استفاده از کمپوست فرآوری شده بود که به فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای فصل انجامیده و رهاسازی تدریجی این عنصر در تطابق بیشتر با نیتروژن در دسترس خاک و نیاز گیاه بود. همچنین استفاده از زئولیت در فرآیند تولید کمپوست سبب ایجاد شرایط تهویه‌ای مناسب‌تر، فعالیت میکروبی بهتر و حفظ عناصر غذایی آن شده و در نتیجه

کیفیت کمپوست را افزایش داد. همچنین به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه شد. چنین وضعیتی باعث می‌شود که گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توام کمپوست زئولیتی و قارچ مایکوریزا و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در نتیجه کاربرد تیمارهای ترکیبی است.



حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD می‌باشد.

Same letters are not significantly different at p<0.05, using LSD test.

شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر مایکوریزا و سطوح اختلاط زئولیت به روش برش‌دهی فیزیکی از نظر ارتفاع بوته (الف) طول پدانکل (ب) تعداد دانه در سنبله (ج) و وزن هزار دانه (د) تریتیکاله

Figure 1- Mean comparison of the effects of mycorrhiza fungi and zeolite amended manure compost on plant height, peduncle length, number of grain per spike and 1000 grain weight of triticale (physical slicing)

در پژوهشی زئولیت با بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی از طریق قابلیت جذب فسفر، آمونیوم و نیترات و همچنین با کاهش آبشویی و اتلاف کاتیون‌های تبادلی، به‌خصوص پتاسیم سبب افزایش عملکرد دانه گردید (Alberto *et al.*, 2010). در آزمایشی استفاده از زئولیت به مقدار ۳۰ تن در هکتار عملکرد دانه لوبیا قرمز رقم D81083 را افزایش داد (Zamani noori *et al.*, 2013). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف زئولیت موجب افزایش عملکرد گیاه شده‌است (Islam *et al.*, 2011). با توجه به این‌که جهت تولید عملکرد بالا وجود آب کافی ضروری است این ماده (زئولیت) سبب افزایش آب قابل دسترس گیاه و در نهایت سبب افزایش عملکرد شد.

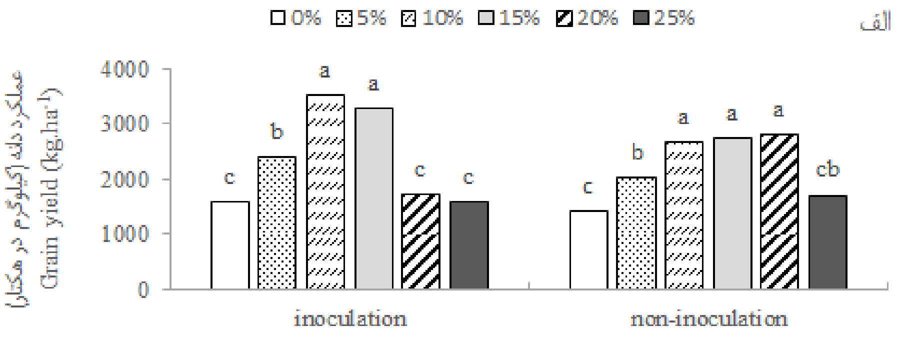
جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تریتیکاله تحت تاثیر قارچ مایکوریزا و اختلاط زئولیت با کود دامی

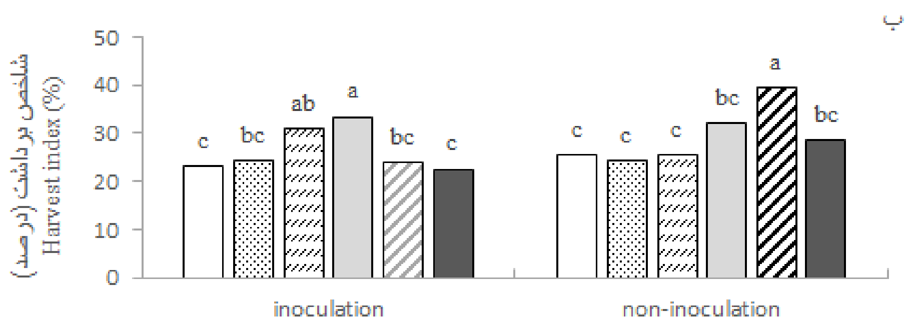
Table 5- Mean comparison the effects of mycorrhiza fungi and zeolite amended manure on some characteristics of triticale

پروتئین دانه **Protein content of seed (%)**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield (kg.ha^{-1})**	تعداد سنبله در مترمربع **Number of spikes per square meter**	طول سنبله **Spike length (cm)**	**عامل آزمایشی**
				زئولیت (درصد وزنی) Zeoit(٪)
8.13^{c}	6312.3^{c}	303.00^{c}	8.61^{b}	0
9.20b^{c}	9113.9^{b}	376.50^{b}	8.63^{b}	5
9.68 ^{ab}	11107.0^{a}	400.50^{b}	9.40^{a}	10
10.62^{a}	9239.9^{b}	420.50^{ab}	9.18^{ab}	15
9.12^{bc}	7365.8^{c}	456.00^{a}	9.28^{ab}	20
8.32^{c}	6574.8^{c}	453.50^{a}	8.57^{b}	25
				قارچ Mycorrhiza
8.01^{b}	8838.0^{a}	356.50^{b}	9.38^{a}	تلقیح With inoculation
10.36^{a}	7773.2^{b}	446.83^{a}	8.51^{b}	عدم تلقیح No inoculation

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column, and for each experimental factor means followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$, using LSD test.





حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD می‌باشد.

Same letters are not significantly different at $p<0.05$, using LSD test.

شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر مایکوریزا و سطوح اختلاط زئولیت به روش برش‌دهی فیزیکی از نظر عملکرد دانه (الف) و شاخص برداشت (ب) تریتیکاله

Figure 2- Mean comparison of the effects of mycorrhiza fungi and zeolite amended manure compost on grain yield and harvest index of triticale (physical slicing)

شاخص برداشت

شاخص برداشت به نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی (وزن خشک کلیه اندام‌های هوایی گیاه) اطلاق می‌شود (Sinclair *et al*., 1990) در شرایط تلقیح مایکوریزا شاخص برداشت تا سطح ۱۵ درصد وزنی زئولیت (۳۹/۴ درصد) افزایش داشت اما پس از آن با کاهش مواجه شد. در شرایط عدم کاربرد قارچ مایکوریزا بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب (۳۹/۴) (۲۵/۴) مربوط به تیمار ۲۰ درصد زئولیت و شاهد بود (شکل ۲-ب). در شرایط وجود زئولیت بالا بودن شاخص برداشت می‌تواند به علت بالا بودن عملکرد دانه باشد که صورت کسر بزرگ می‌شود و در نتیجه میزان شاخص برداشت افزایش می‌یابد. در پژوهشی مشخص شد که مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت، شاخص برداشت را نسبت به شاهد، ۵/۰۷ درصد افزایش داد که نشان‌دهنده‌ی نقش مثبت آن در کاهش صدمات ناشی از تنش کمبود آب است. صفت شاخص برداشت نشان‌دهنده چگونگی توزیع شیره پرورده بین اندام‌های رویشی و دانه گیاه است، بنابراین هر عاملی که مقادیر این توزیع را تغییر دهد، باعث تغییر در شاخص برداشت می‌شود (Majidian *et al*., 2008).

پروتئین دانه

بیشترین میزان پروتئین (۱۰/۶ درصد) مربوط به تیمار ۱۵ درصد زئولیت بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با ۱۰ درصد نداشت و کمترین میزان پروتئین دانه به‌ترتیب مربوط به تیمار صفر و ۲۵ درصد زئولیت بود (جدول ۵). علت افزایش درصد پروتئین در تیمارهای زئولیت می‌تواند به دلیل خاصیت آن در کاهش آبشویی نیتروژن خاک و افزایش غلظت آن در اندام گیاه باشد (Khan *et al*., 2009). احتمالاً به‌کار بردن زئولیت از طریق جلوگیری از هدر روی نیتروژن در توده کودی توانسته است نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و لذا درصد پروتئین در تیمارهای به‌کارگیری زئولیت نسبت به تیمارهای بدون زئولیت بالاتر بوده است. همچنین در رابطه با اثر تلقیح مایکوریزا بر درصد پروتئین دانه، در تیمار عدم تلقیح میزان پروتئین دانه بیشتری (۱۰/۳۶ درصد) نسبت به تیمار تلقیح (۸/۰۱ درصد) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان اظهار داشت که مخلوط کردن زئولیت با کود گاوی به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و عناصر غذایی در کود دامی، باعث موفقیت تریتیکاله در تولید عملکرد مناسب (عملکرد دانه و بیولوژیک) شد. اثر متقابل قارچ مایکوریزا و اختلاط زئولیت با کود دامی بر ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه معنی‌دار بود. بالاترین میانگین ارتفاع بوته، طول پدانکل، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمار کاربرد قارچ مایکوریزا و ۱۰ درصد زئولیت حاصل شد. اثر اصلی زئولیت و قارچ مایکوریزا بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. بیشترین طول سنبله و عملکرد بیولوژیک از گیاهان تحت تیمار ۱۰ درصد زئولیت حاصل شد. بالاترین تعداد سنبله در متر مربع مربوط به گیاهان تحت تیمار ۲۰ درصد زئولیت بود. همچنین کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش طول سنبله، عملکرد بیولوژیک شد. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۵۱۰/۷ کیلو گرم در هکتار از تیمار کاربرد قارچ مایکوریزا و تیمار۱۰ درصد زئولیت به‌دست آمد. لذا با توجه به نتایج آزمایش حاضر کاربرد هم‌زمان قارچ مایکوریزا و کمپوست زئولیتی (با ده درصد زئولیت) در زراعت تریتیکاله توصیه می‌گردد.

References

1. Abdel-Fattah, G. M., Asrar, A. A., Al-Amri, S. M., and Abdel-Salam, E. M. 2014. Influence of arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization on the gas exchange, growth and phosphatase activity of soybean (*Glycine max* L.) plants. Photosynthetica 52 (4): 581-588.
2. Ahmadi, A., Judy, M., Tavakoli, A., and Ranjbar, M. 2008. Evaluation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. Journal of Agricultural Science and Technology 12 (46): 155-165.
3. Alberto, C., Oliviera, P., and Melomonte, M. 2010. Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia.
4. Allen, E. R., Ming, D. W., Hossner, L. R., Henninger, D. L., and Galindo, C. 1995. Growth and nutrient uptake of wheat in clinoptinolite-phosphate rock substrste. Agronomy Journal 87: 1052-1059.
5. Bath, S. A., Thenua, O. V. S., Shivakumar, B. G., and Malik J. K. 2005. Performance of summer gram [*Vingaradiate* (L.) Wilczek] as influenced by biofertilizer and phosphorus nutrition. Haryana Journal of Agronomy 21: 203-205.
6. Beltrano, J., and Ronco, M. G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Society of Plant Physiology 20 (1): 29-37.
7. Bheemareddy, V. S., and Lakshman, H. C. 2011. Effeect of salt and acid stress on *Triticum aestivum* inoculated with *Glomus fasciculatum*, Journal of Agricultural Technology 7: 945-956.
8. Cudney, D. W., Wright, S. D., Shulz, T. A., and Reints, J. S. 1992.Weed grain in dairy manure depends on collection site. California Agriculture 46: 31-32.

9. Darzi, M. T. Ghalavand, A., Safedkan, F., and Rajali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and bio phosphate fertilizer on the quantity and quality of medicinal essential oil of fennel. Journal of Research in Iranian Herbs and Medicinal Herbs 24 (4): 396-413.
10. Dwairi, I. M. 1998. Conserving toxic ammoniacal nitrogen in manure using natural zeolite tuff: A comparative study. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 6: 126-133.
11. Eghball, B., Wienhold, B., and Gilley, J. 2001. Intensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. Soil and Water Conservation Research 1: 128-135.
12. Ehdaie, B., and Waines, J. G. 1996. Genetic variation for contribution of parenthesis assimilates to grain yield in spring wheat. Jornal if Genetic and Breeding 50: 47-56.
13. Farmahini, M., Mirzakhani, M., and Sajedi, N. A. 2011. Effect of water deficit stress and application of material humidity absorbent on physiological and agronomy traits of Alvand wheat. Thesis of MSc in Agronomy. Faculty of Agriculture & Natural Resources, Islamic Azad University Arak Branch. (in Persian).
14. Fao. 2017. Annual report of Cereal production in the world. Available online at: http://www. Fao.org/faostat.
15. Flowers, M., Peterson, C. J., Petrie, S., Machado, S. and Rhinhart, K. 2007. Planting date and seeding Rate effects on the yield of winter and spring wheat varieties–results from the 2005-2006 cropping year. Agricultural Research 12 (2): 72-74.
16. Ghazi, A., Nehad, A., and Yahia-Othman. 2007. Application of mycorrhizae fungi to improve drought tolerance in two onion cultivars. African Crop Science Society 8: 1-5.
17. Ghorchiani, M., Akbari, Gh. A., Alikhani, H., Allahdadi, A., and Zarei, M. 2011. Mycorrhizal fungi and bacteria arbuscular pseudomonas fluorescence characteristics of chlorophyll content and yield of corn in drought conditions. Journal of Soil and Water 21 (1): 313-319. (in Persian).
18. Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., and Acharya, C. L. 2004. Comparative effectiveness of London, pp. 347- 364.
19. He, Z. L., Calvert, D. V., Alva, A. K., Li, Y. C., and Banks, D. J. 2002. Clinoptilolite Zeolite and cellulose amendments to reduce ammonia volatilization in a calcareous sandy soil. Journal of Plant and Soil 247: 253-260.
20. Iran Nejad, H., and Shahbazian, N. 2005. Crop Growing. KartouPublishing House. 14: 291-330.
21. Islam, M. R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Enejid, E., and Xuea, X. 2011. Effectiveness of a water- saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1998-2005.
22. Khan, H., Khan A. Z., Khan R., Matsue N., and Henmi, T. 2009. Influence of Zeolite Application on Germination and Seed Quality of Soybean Grown on Allophanic Soil. Research Journal of Seed Science 2 (1):1-8.
23. Lefcourt, A. M., and Meisinger, J. J. 2001. Effect of adding alud and zeolite to dairy Slurry On ammonia Volatilization and Chemical composition. Journal of Dairy Science 849: 1814-1824.
24. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimaian, N. F., and Kamgar Haghighi, A. A. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and combination of nitrogen fertilizer and manure on yield, yield components and water use efficiency of SC 704 Corn. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12 (44): 417-432. (in Persian).
25. Mohammadi, M., Moghaddam, H., Majnoon Hosseini, N., and Khavazi, K. 2011. Effect of chemical and biological phosphours fertilizers on yield and components of two Lentil cultivars under intermittent moisture conditions. Journal of Iranian Crop Science 42 (4): 845-855.
26. Mohammadi, M., Molavi, H., Leyaghat, A. M., and Parsi nejad, M. 2011. The effect of zeolite application on Yield and water use efficiency of corn. Journal of Water Research in Agriculture 27 (1): 75-67.
27. Moradi, M., and Taleshi, K. 2018. Effect of Manure and Biodiversity on Yield and Yield Componets of Gohar Cultivars in Khorramabad Region. PhD dissertation. Ecology of crops. Back to browse issues page 14 (4): 45-56.
28. Moucheshi, A., Heidari, M.T., and Assad, B. 2012. Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. International Journal of Agricultural Science 2: 35-47.
29. Peradi, I., Bratek, Z., and Lang, F. 2003. Influence of Arbuscular mycorrhiza and phosphorus supply on polymine content, growth and photosynthesis of Plantago anceolata. Biologia Plantarum 46: 563-569.
30. Philips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
31. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit Ornamental. Plant Research. Special ed. 12:183-189.
32. Qudsi, M. 2005. Triticale, a technical instruction for planting, harvesting and harvesting. Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Agricultural Research center for Natural Resources of Khorasan Razavi (Technical Journal, 1513/88).
33. Rehakova, M., Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimarand, J., and Gavalova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural Zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion in Solid State and Materials Science 8 (6): 397-404.

34. Rejali, F., Alizadeh, A., Malakuti, M., and Salehrastin, N. 2007. Effect of mycorrhiza symbiotic relationship arbescular on growth, yield and nutrient uptake in wheat plants under drought stress. Journal of Soil and Water Sciences 21 (2): 241-259.
35. Safaie, R., Shirani Rad, A., Mir Hadi, M. G., and Delkhosh, B. 2007. Zeolite effects on agronomic traits of two canola varieties under drought stress. Plant and Ecosystem. 15: 63-79. (in Persian).
36. Salimi, H., Khalaghani, J., Ghare-daghi, A. A. and Rahimian Mashhadi, H. 2008. Evaluation of weed grain viability in different layers of manure. Journal of pest and Diseases 1: 103-122.
37. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. 1nd edition Jodhpur: Agrobios, India, 456p.143-150.
38. Shirani rad, A., Taherkhani, T., Moradi Aghdam, A., Nazari Golshan, A., and Skandari, K. 2011. Effect of amount of Nitrogen and Zeolite on agronomic traits of canola under drought stress. Journal of Crop Ecophysiology 3 (2): 125-135. (in Persian).
39. Sibi, M., Mirzakhanei, M., and Gomaryan, M. 2011. Effect if different levels of water stress, zeolite and salicylic acid on spring safflower. Proceedings of the first national conference on modern topics in agriculture. October 2011. Islamic Azad University Saveh Branch.
40. Sinclair, T. R., Bennett, J. M., and Muchow, R. C. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science 30: 690-693.
41. Taghdisi Heydarian, S. Z., Khorassani, R., and Emami, H. 2018. The Effect of Zeolite, Manure and Vermicompost on Growth and Micronutrients Uptake by Corn. Journal of Water and Soil 32 (4): 763-778.
42. Vakilian, K. A., and Massah, J. 2017. A farmerassistant robot for nitrogen fertilizing management of greenhouse crops. Computers and Electronics in Agriculture 139: 153-163.
43. Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H., and Esmaili, M. A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of cron. International Journal of Life Sciences 1: 2-3.
44. Zahedi, H., Noor-Mohamadi, G. H., Shirani Rad, A. H., Habibi, D., and Mashhadi Akbar Boojar, M. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Applied Sciences Journal 7: 255-262.
45. Zamani noori, A. R., Qashghai, A., and Hossini abri, A. 2013. Effect of Zeolite on yield, yield components and protein content of red bean plant. The first national Conference on Sustainable Agriculture Development Using Crop Pattern. Zarandiyeh, Iran. 24 (1): 263-277.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 111-123

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۲۳-۱۱۱

Effect of Zeolite Amended Cattle Manure Compost and Mycorrhiza Fungi Inoculation on Growth and Yield of Triticale (X *Tritico-secale Wittmack*)

M. Makvandi[1], A. Bakhshandeh[2], A. Khodaei Joghan[3*], A. Moshatati[4], M. R. Moradi Telavat[5]

Received: 12-06-2019
Accepted: 02-12-2019

Introduction: One of the basic principles of sustainable agriculture is application of biologic and organic fertilizers in order to reduce chemical inputs consumption and increase soil fertility. Application of manure improves biological activity, physicochemical properties and water holding capacity in soil. Despite these positive effects, increased weed seed bank, outbreak of pests and diseases and accumulation of ammonia in the root of plants are the disadvantages of manure application. Due to the unique attributes of zeolites if they were added at the beginning of composting process can provide ventilatory condition for the activity of aerobic microorganisms and absorbs nutrients, especially nitrogen. Another important solution of improving efficiency of sustainable agriculture ecosystems is use of biofertilizers as the most natural solution to increase biological activity of soil. Symbiosis of plant with mycorrhiza fungi improves nutritional status of plant by increasing water and nutrients absorption. Triticale is a commercial cereal with a vast potential to feed human and animal. This plant can be cultivated in poor soils that are not suitable for wheat production. Finally the aim of this study was to achieve maximum yield of triticale by increasing efficiency of manure compost and simultaneous use of this fertilizer and mycorrhiza.

Materials and Methods: The experiment was conducted at Research field of Agricultural sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2017-2018. Experimental design was a factorial based on randomized complete block design with four replications. The experimental factors included mycorrhizal application at two levels (application and non-application of mycorrhiza), and mixing of zeolite to manure in six levels (0, 5, 10, 15, 20 and 25% by weight of zeolite manure). The size of each experimental unit was 2×2 m^2 and planting density was 400 plants per m^2. Before the sowing, biofertilizer were shaken completely to cover the whole seeds surface after which the seeds were shadow-dried and planted, irrigation was done immediately after seed sowing. Traits included plant height, peduncle length, spike length, spikes per square meter, number of grains per spike, 1000 grain weight, grain yield, biological yield and harvest index were assessed in this experiment.

Results and Discussion: Based on the results, the interaction between mycorrhizal inoculation and mixing of zeolite with cattle manure were significant on plant height, peduncle length, number of grains per spike, 1000 grain weight and grain yield. The main effect of zeolite and mycorrhiza were significant on spike length, number of grains per spike and biological yield. In inoculation condition the most plant height (124.32 cm) was obtained at the level of 10% zeolite, while in non-inoculation condition the highest plant height (106.62) was obtained at the level of 20% zeolite. The number of spikes per square meter at the level of 20% zeolite (456) was 36% higher than the non-use of zeolite treatment (303). Under inoculation conditions, the highest grain yield (3510.7 $kg.ha^{-1}$) was belonged to application of 10% zeolite and the lowest grain yield (1579.69 $kg.ha^{-1}$) was gained from non-application of zeolite treatment. In non-inoculation condition compared to the inoculation treatment, more zeolite was needed to obtain high grain yield and by application of zeolite up to 20 percent gain yield increased.

Conclusions: According to results of the present experiment, application of 10% zeolite in manure compost along with mycorrhiza is recommended to increase the yield of triticale. It can be stated that the addition of zeolite to manure and the use of mycorrhiza fungi is a suitable method for achieving high yield in triticale cultivation.

Keywords Compost amendment, Endophytic fungi, Organic fertilizer, Yield component

---

1- MSc. Graduated of Agroecology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
4- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
5- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
(*- Corresponding Author Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir)